

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-004726
 (43)Date of publication of application : 12.01.2001

(51)Int.Cl.

G01R 33/02
 H01L 43/00

(21)Application number : 11-174886
 (22)Date of filing : 22.06.1999

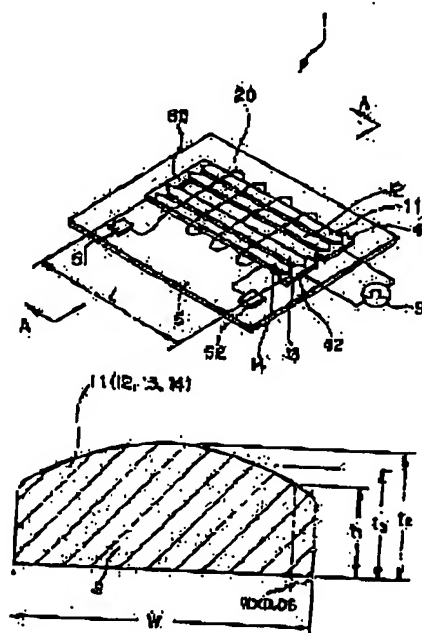
(71)Applicant : TDK CORP
 (72)Inventor : SHINOURA OSAMU
 YAMAOKA HIDEHIKO
 OIKAWA TORU

(54) MAGNETIC FIELD SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a high-sensitivity and small magnetic field sensor by a constitution wherein a relationship between the shape in the cross section in the width direction of a magnetic thin film, i.e., the film thickness near the central part in the width direction, and the film thickness near the end part in the width direction satisfies a specific condition.

SOLUTION: For example, a conductor coil 20 for magnetic-field detection is wound on magnetic thin films 11, 12, 13, 14. The conductor coil 20 is formed normally as a thin-film coil. Then, the width in the cross section in the width direction of the nearly rectangular magnetic thin films 11, 12, 13, 14 is designated as W, the film thickness near the central part in the width direction as t1, and the film thickness near the end part in the width direction as t2. Then, the magnetic thin films are constituted so as to have a cross-sectional shape at $t2/t1 > 1$, preferably at $t2/t1 > 1.2$, or more preferably at $t2/t1 > 1.5$. At this time, the film thickness t1 near the end part in the width direction has a height in the position of 5% of the width W from the end part in the width direction, i.e., in the position of 0.05 W from the end thickness and a maximum film thickness near the central part of the width W.



引用文献 1

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-4726

(P2001-4726A)

(43) 公開日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

G 0 1 R 33/02

H 0 1 L 43/00

F I

G 0 1 R 33/02

H 0 1 L 43/00

ターミナル (参考)

D 2 G 0 1 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-174886

(22) 出願日 平成11年6月22日 (1999.6.22)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 篠浦 治

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 山岡 英彦

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100098006

弁理士 瓜田 秀夫 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁界センサ

(57) 【要約】

【課題】 極めて高感度で小型の磁界センサを提供する。

【解決手段】 略長方形の磁性薄膜を有し、当該磁性薄膜の長手方向両端部から高周波電流を通電する機構を有し、前記磁性薄膜の幅方向断面における形状は、その幅方向中央部近傍の膜厚を t_2 、幅方向端部近傍の膜厚 t_1 とした場合、 $t_2 > t_1$ を満たしてなるように構成する。

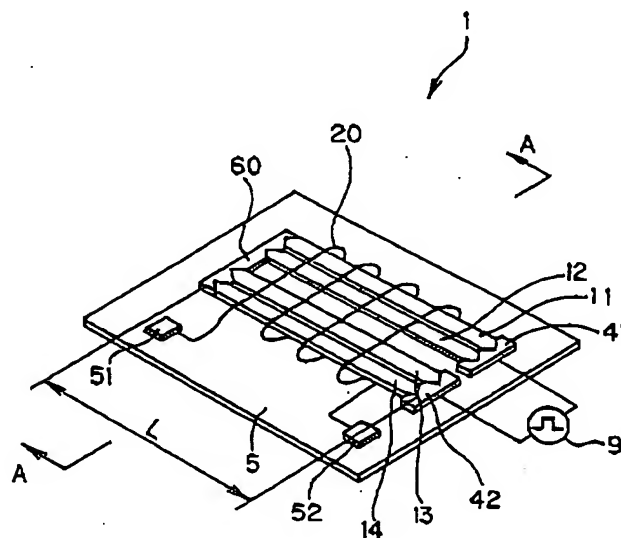


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 略長方形の磁性薄膜を有し、当該磁性薄膜の長手方向両端部から高周波電流を通電する磁界センサにおいて、

前記磁性薄膜の幅方向断面における形状は、その幅方向中央部近傍の膜厚を t_2 、幅方向端部近傍の膜厚 t_1 とした場合、 $t_2 > t_1$ を満たしてなることを特徴とする磁界センサ。

【請求項2】 前記磁性薄膜の幅方向断面における前記幅端部近傍の膜厚 t_1 と、中央部近傍の膜厚 t_2 との関係が、 $t_2/t_1 > 1$ 、2の関係を満たしてなる請求項1に記載の磁界センサ。

【請求項3】 前記磁性薄膜の幅方向断面における前記幅端部近傍の膜厚 t_1 と、中央部近傍の膜厚 t_2 との関係が、 $t_2/t_1 > 1$ 、5の関係を満たしてなる請求項1に記載の磁界センサ。

【請求項4】 前記磁性薄膜の平均膜厚 t_3 が $1 \sim 20 \mu\text{m}$ である請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の磁界センサ。

【請求項5】 前記磁性薄膜が電気めっき法により成膜された磁性膜である請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の磁界センサ。

【請求項6】 磁気インピーダンス効果を用いた磁界センサである請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の磁界センサ。

【請求項7】 磁気インダクタンス効果を用いた磁界センサである請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の磁界センサ。

【請求項8】 前記磁性薄膜の幅方向断面における幅 W と、前記平均膜厚 t_3 との関係が、 $W/t_3 > 2$ 、0の関係を満たしてなる請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の磁界センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は外部磁界を電気信号に変換する磁界センサ、特に小型の薄膜地磁気センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 地磁気のような微小磁界を検出する方法の一つとして特に注目を集めているものとして、例えば、特開平8-75835号公報に開示の技術がある。当該公報には、基板上に磁性薄膜を成膜し、その長手方向の両端に、それぞれ電極を設けた磁気インピーダンス効果素子が開示されている。この磁気インピーダンス効果は、当該公報公報における発明者の一人である毛利佳年雄先生により提案されたものであるが、長方形または線状の強磁性体の短辺（幅）方向、円周方向に予め磁気異方性を付与しておくことに特徴がある。長手方向からの磁界により、磁性体の磁化ベクトルが回転し、幅方向の透磁率が上昇し、それにより表皮効果が増加するため

(2)

特開2001-4726

2

に強磁性体のインピーダンスが増加することを利用して、すなわちいわゆるフラックスゲート磁界センサとは全く異なる原理を利用している。

【0003】さらに、特開平8-330745号には、長方形の基板の上面全面に磁性薄膜を形成した磁気インピーダンス効果による磁気検出素子が開示されている。

【0004】また、特開平11-109006号には矩形状の磁性薄膜を用い、薄膜バイアスコイル、薄膜負帰還コイルと、薄膜で全てを構成した、薄膜型磁気インピーダンスセンサが開示されている。

【0005】また、従来公知の磁気インダクタンス効果を利用した直交フラックスゲートセンサにおいても、磁気インピーダンス効果センサと同様に磁性体に高周波電流を通電することが知られている。例えば、特許番号2617498号には導電性を有する帯状強磁性体磁気コアにパルス電流を印加し、磁気コアに巻回された導体巻線からの電気信号で外部磁界を検出する磁界センサが開示されている。用いられる磁性体は磁歪がゼロのアモルファスワイヤや帯状のアモルファス薄帯が用いられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、これらの磁性体直接高周波励磁型磁界センサにおいて、より小型化、高集積化を目指して、磁性体を薄膜化しても期待したほどの出力が得られないという問題点があった。これは、薄膜では、その幅に対して厚さが薄いために、励磁が有効に起こりにくいことに起因しているものと考えられる。

【0007】このような実状のもとに本発明は創案されたものであり、その目的は、上記従来の問題点を解決し、極めて高感度で小型の磁界センサを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 このような課題を解決するために、本発明のは、略長方形の磁性薄膜を有し、当該磁性薄膜の長手方向両端部から高周波電流を通電する磁界センサにおいて、前記磁性薄膜の幅方向断面における形状は、その幅方向中央部近傍の膜厚を t_2 、幅方向端部近傍の膜厚 t_1 とした場合、 $t_2 > t_1$ を満たしてなるように構成される。

【0009】また、本発明の好ましい態様として、前記磁性薄膜の幅方向断面における前記幅端部近傍の膜厚 t_1 と、中央部近傍の膜厚 t_2 との関係が、 $t_2/t_1 > 1$ 、2の関係を満たしてなるように構成される。

【0010】また、本発明の好ましい態様として、前記磁性薄膜の幅方向断面における前記幅端部近傍の膜厚 t_1 と、中央部近傍の膜厚 t_2 との関係が、 $t_2/t_1 > 1$ 、5の関係を満たしてなるように構成される。

【0011】また、本発明の好ましい態様として、前記磁性薄膜の平均膜厚 t_3 は、 $1 \sim 20 \mu\text{m}$ に構成され

3

る。

【0012】また、本発明の好ましい態様として、前記磁性薄膜は、電気めっき法により成膜された磁性膜として構成される。

【0013】また、本発明の好ましい態様として、本発明の磁界センサは、磁気インピーダンス効果を用いた磁界センサとして構成される。

【0014】また、本発明の好ましい態様として、本発明の磁界センサは、磁気インダクタンス効果を用いた磁界センサとして構成される。

【0015】また、本発明の好ましい態様として、前記磁性薄膜の幅方向断面における幅 W と、前記平均膜厚 t と3との関係が、 $W/t > 2.0$ の関係を満たしてなるように構成される。

【0016】本発明によれば、特に、ウェハプロセスにより一括形成可能な、磁性薄膜を用いた小型磁界センサでありながら、低い励磁電流でも、磁性薄膜（磁性体）が効率良く励磁されるため、低消費電力、高感度化を同時に実現するものである。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的実施の形態について詳細に説明する。

【0018】図1は、本発明の磁界センサ1の好適な一実施形態を概略的に示した斜視図であり、図2は図1のA-A方向の断面矢視図である。

【0019】これらの図に示されるように、本発明の磁界センサは、基板5の上に略長方形形状の強磁性体からなる磁性薄膜11、12、13、14を有している。これらの磁性薄膜11、12、13、14には、図示のごとく一括した状態で導体コイル20が巻回されている。本実施の形態の場合、4つの磁性薄膜は、略長方形形状の磁性薄膜を2本ずつ1組として（11と12、13と14）、並列かつ直列に接続されている。すなわち、磁性薄膜11、12および磁性薄膜13、14の片側端にはそれぞれ、一体的に接続された通電部41および通電部42が形成されており、この一方で4つの磁性薄膜の他方端には、4つのコア端部を一体的に接続した折り返しのための導電膜50が設けられている。通電部41、42は、高周波電流を通電するために形成されており、図示のごとく高周波電源9が接続されるようになっている。

【0020】これらの磁性薄膜11、12、13、14には、例えば、磁界検出用の導体コイル20が巻回されている。導体コイル20は、通常、薄膜コイル20として形成され、コイルの引き出し部には電極端子51、52が設けられている。そして、通常、電極端子51、52からワイヤーボンダーにより、外部に設けられた電源および信号処理部へと接続がなされる。もちろん、電極端子51、52に半田パンプを設け、基板面を上にしてプリント基板等に実装することも可能である。あるいは

(3)

特開2001-4726

は、スルーホールを有する基体にセンサを形成し、素子面を上記プリント基板等に実装することも可能である。

【0021】このような本発明の好適な一実施形態においては、磁性薄膜の通電部41、42から高周波電流を通電し、前記強磁性コア11、12、13、14に巻回された導体コイル20に発生する信号を、電極端子51、52から出力として検出する。

【0022】図1に示されるように、複数の強磁性コアを組み合わせたときに、これらを所定の間隙を空けて並列配置させ、これらの磁性薄膜の実質的な長手方向両端部に高周波電流を通電するための通電部を一体的に形成させ、前記複数の磁性薄膜が実質的に並列、または、かつ直列に接続されるよう構成することにより、一枚の幅広のコアを用いる場合と比べて、反磁場の影響が小さくなり磁性薄膜の実効透磁率が高くなるために高い出力が得られる。また、磁性薄膜の磁区構造も改善されるためにノイズ成分が小さくなるという効果が発現する。

【0023】なお、図1に示されるように磁性薄膜11、12、13、14の両端部における短辺部は、それぞれ鋭角（先端部が尖がった形状）を形成しているが、このような形態も略長方形形状の1つと見なされる。鋭角を形成させることにより、いわゆる単純な長方形形状の磁性体に比べると、磁区構造が安定し、ノイズを低減させる効果が期待できる。すなわち、本発明で言う「略長方形形状」とは、その長さ L （図1）がその幅 W （図2）よりも長い状態を示す。なお、磁性薄膜の端部の短辺部に鋭角を形成している場合の長さ L とは全長を指す。1つの磁性薄膜において、上記幅（ W ）に対する長さ（ L ）の比である L/W の値は、1.0以上100.0以下、特に1.0以上30.0以下であることが好ましい。

【0024】図3には、図2における一つの磁性薄膜11の幅方向断面の拡大図が示される（他の磁性薄膜12、13、14についても、磁性薄膜11と実質的に同じ形態であるので、ここでは、磁性薄膜11を代表例にとって以下説明する）。本発明の第1の特徴は、図3に示されるように略長方形形状の磁性薄膜11の当該磁性薄膜の幅方向断面における幅を W 、幅端部近傍の膜厚を t_1 、中央部近傍の膜厚を t_2 とした場合に、 $t_2/t_1 > 1$ であり、好ましくは $t_2/t_1 > 1.2$ 、より好ましくは $t_2/t_1 > 1.5$ の断面形状を有するように構成される。ここで、幅端部近傍の膜厚 t_1 は、幅端部から、幅 W の5%の位置における高さで定義される。すなわち、本発明では、図3に示されるように幅端部から0.05 W の位置での高さを t_1 として定義している。膜厚 t_2 は、幅 W の中央部近傍の膜厚かつ最大膜厚で定義される。上記 t_2/t_1 の値が1以下になると、低い励磁電流で磁性体の効率のよい励磁が得られにくくなってしまいうという不都合が生じる。つまり従来一般的に使用されている磁性薄膜では $t_1 = t_2$ であり、同一の励磁電流に対して、本発明に比べて低い出力しか得られな

5

い。これは励磁電流により発生する磁界が磁性体内を流れにくいためである。これに対して本発明では $t_2/t_1 > 1$ となっているために励磁電流により発生する磁界が磁性薄膜内を流れやすい。

【0025】また、本発明においては、 $t_2/t_1 > 1$ であるから、一般には幅方向中央部で膜厚が厚くなる断面凸形状が一般的であると考えられるが、特に、上記本発明の数値要件を満たすものであれば凸形状に限定されるものではない。また、幅 W と平均膜厚 t_3 との関係は、 $W/t_3 > 2$ 、0、好ましくは $W/t_3 > 10$ 、より好ましくは $W/t_3 > 50$ の場合に特に効果が顕著となる。本発明が基本的に薄膜に起因する問題点を解決するためになされたものであるからである。ここで、平均膜厚 t_3 は、薄膜の断面形状により算出した平均膜厚として定義され、例えば、図3に示される薄膜断面の幅を複数個に細分化し（微小幅 ΔW ）、各細分化された幅での高さをそれぞれ求め、これらの高さの算術平均をとればよい。

【0026】本発明で用いられる磁性薄膜幅方向断面図の好適な具体例が図4(A)～(F)にそれぞれ示される。図4(A)はやや半円に近い形態であり、図4(B)は図3に類似する形態であり、図4(C)は図4(A)の変形例に近い形態であり、図4(D)は出来るだけ楕円ないし円形に近づけようとした形態であり、図(E)は図(D)形成のための成膜を途中で中止して作製した形態、図4(F)は階段状に膜を積み上げた形態である。

【0027】なお、本発明との形状比較のために、図10(A)、(B)にそれぞれ比較例を示した。図10(A)、(B)ともにその断面形状は $t_2/t_1 > 1$ の条件を満たしていないために本発明の効果は発現しない。

【0028】また、本発明の磁性薄膜11の膜厚、特に平均膜厚 t_3 は、1～20 μm であることが好ましい。この膜厚が1 μm 未満では磁性体の抵抗値が大きくなり励磁電流を流すために消費される電流量が多くなってしまふ。また磁気インピーダンス効果を用いた磁界センサの場合には、表皮効果が現れにくく出力が得られにくくなってしまふ。さらに磁性薄膜11（磁性体）を流れる磁界分布が悪く有効に磁性薄膜が磁化されない。また、膜厚が20 μm を超えると、成膜に時間がかかり製造コストが高くなってしまふ。またコイル形成等の薄膜プロセスが困難となり歩留まりが低下してしまふ。

【0029】本発明の磁性薄膜11はスパッタ、蒸着等の真空成膜法でも成膜可能であるが、電気めっき法により成膜することが好ましい。すなわち、フォトリソストを用いたパターンめっき法により成膜する際の、成膜条件、電流密度、攪拌速度、温度、めっき浴組成（金属イオン濃度、添加剤濃度、導電塩濃度等）を選択することにより、例えば、図4(A)～(F)に示される種々の

(4)

特開2001-4726

6

断面形態のものが容易に作製可能となる。

【0030】フレームめっき法は、図5に示されるようにフォトリソストの壁の内部にめっき膜を成膜する手法である。すなわち、図5(A)に示されるように基板5の上に下地導電膜91を形成し、さらにフォトリソスト手法を用いて所定のスペース S を空けてフレーム機能を果たすフォトリソスト壁95、95を作製する。次いで、スペース S 内に磁性薄膜11をめっき成膜して埋設させ（図5(B)）、しかる後、フォトリソスト壁95、95を除去する（図5(C)）。これにより、図3、図4(B)に類似の断面形態を有する磁性薄膜11が形成される。

【0031】このような成膜方法に準じて図6に示されるようにフォトリソスト95、95の上に大きく磁性薄膜の一部をはみ出させた形態も作製可能である。

【0032】また、図7に示されるように磁性薄膜を成膜する前の工程で、予め下地導電膜91の表面に下地絶縁層102、102により図示のごとくならかな凹部を作製するとともに、その両端にフレームめっき用のレジスト105、105を形成しておき、しかる後、形成された凹部に磁性薄膜を埋設させて、断面楕円ないし円形に近い形状の磁性薄膜を形成させるようにすることもできる。図7に示される磁性薄膜の断面形状は、実質的に、図4(D)の断面形状に相当する。そして、図4(D)の断面形状に至る前に成膜を途中でほどよく止めると図4(E)の形態が形成できる。

【0033】上述のごとく磁性薄膜11の幅方向断面における幅端部近傍の磁性層厚を t_1 、中央部の磁性層厚を t_2 とした場合に $t_2 > t_1$ である断面形態を有する本発明の磁界センサは、磁性薄膜（磁性体）の長手方向に電流を流し、その電流により生じた磁界により磁性薄膜を磁化する動作メカニズムの磁界センサに広く用いることが可能である。その検出原理により、(1)磁気インピーダンス効果を用いる場合と(2)磁気インダクタンス効果を用いる場合の両方に適用可能である。

【0034】上記のごとく構成される本発明の磁界センサは、前述のように磁性薄膜に直接通電による励磁効率を向上させることができだけでなく、磁性薄膜の周囲に巻回されたコイルと磁性薄膜との磁氣的結合が良好となり、検出効率も向上する。さらに磁性薄膜の周囲に巻回されたコイルを検出コイルとしてではなく、バイアス磁界発生コイルや、負帰還磁界発生コイルとして用いる場合にも、効果的に磁界を発生させることが可能となる。その結果、同じ磁界を磁性薄膜に印加するのに要する電流値を減少させることも可能である。

【0035】磁性薄膜としてはNiFe、NiFeP、CoFe、CoNiFe、CoFeP、NiFeMo、FeZrN、FeN等の公知の各種の磁性材料が使用可能である。なお、特に、MI（磁気インピーダンス）センサ用の磁性薄膜としては、異方性磁界 H_k が100e

7

以上300e以下の材料、例えば、NiFeCo3元合金磁性薄膜、CoFe2元合金磁性薄膜が特に好ましい。

【0036】また、図1に示されるように磁性薄膜は4個である必要は無く、そ以外の複数個ないしは1個であってもよい。

【0037】図1における磁界センサにおいて、用いられる導体コイル20は、いわゆる薄膜プロセスに基いて形成される薄膜コイル20とすることが好ましい。図2に薄膜コイル20の断面が部分的に示されており、薄膜コイル（検出用コイル）は、通常、下部コイル部分21と、上部コイル部分25との結合により形成される。この場合、磁性薄膜11、12、13、14との絶縁を図るために、絶縁層71、72が磁性薄膜を囲むように形成されている。なお、導体コイルは上述したように検出コイルに限らず、バイアス磁界発生コイルや、負帰還磁界発生コイルとして用いても良い。

【0038】なお、薄膜コイルを薄膜形成すると同時に、例えば、銅からなる前記通電部41、42や折り返しのための導電膜60を形成すれば、製造工程の合理化が図られる。

【0039】なお、上記の隣接する磁性薄膜同士の間隙は、0.1～50μm程度とされる。

【0040】本発明の磁界センサにおいては、磁性薄膜11、12、13、14の長手方向に高周波電流を流す。本発明における高周波電流とは、時間により電流値が変化する電流の総称であり、サイン波、矩形波、鋸波、パルス波等のいずれの波形においても用いることが可能である。

【0041】図8には本発明の磁界センサの異なる実施の形態、特に、導体コイル20の巻き方の変形例が示されている。これによれば、例えば2本の磁性薄膜11、12に、1本の導体コイル20が順次連続的に巻き付けられている。このような巻き付け方を採択することにより、例えば、励磁ノイズが減るといった効果が生じる。

【0042】また、本発明の磁界センサは、図2に示されるように公知の有機物、および/または無機物の保護膜75を最上面に設けることが好ましい。さらに、他の電子部品同様の樹脂封止の処理をすることも可能である。この場合には、磁性薄膜に大きな応力がかからないように、樹脂封止をする前に、予め、応力緩和層として封止樹脂とは異なる樹脂で保護層を形成しておくことが望ましい。

(5)

特開2001-4726

8

【0043】また、本発明の磁界センサを2つ組み合わせることで、2軸の磁界センサ、3個組み合わせることで3軸の磁界センサとすることも可能である。この際に、各センサを構成する磁性薄膜の電流が流れる方向は、互いに直交する配位となる。2軸の場合には、1枚の基板の表と裏にそれぞれ素子部を形成したり、あるいは2つのセンサを一枚の基板上に積層して形成したりすることも可能である。

【0044】

10 【実施例】以下に具体的実施例を示し、本発明をさらに詳細に説明する。

【実験例1】

（実施例I-1～I-4、比較例I-1～I-2）

【0045】図1に示されるような磁界センササンプルを下記の要領で作製した。

【0046】具体的サンプルの作製

【0047】表面に酸化皮膜を有するシリコンウエハー基板の上に下部コイルを電気めっき法により形成した。なお、コイル引き出し線は、下部コイル作製時に両端とも作製し、歩留まり向上を図った。次いで、熱硬化ノボラック樹脂からなる下部絶縁層上に、NiFeめっき膜からなる磁性薄膜（コア）をパターン電気めっき法により、長手方向に磁界を印加しながら下記表1に示すように電流密度を変えて種々作製した。

【0048】磁性薄膜（コア）の長さLは2mm、幅Wは400mm、膜厚t1、t2は下記表1に示すとおりとした。なお、作製したサンプルが有する磁性薄膜の構成本数は1本である。磁性薄膜の平均膜厚t3は、4μmとした。

30 【0049】磁性薄膜（コア）形成後に、上部絶縁層を介して上部コイルを形成した。上部コイルのフォトリソト露光時には、レジスト膜厚に分布が生じるため補助露光マスクを用いた。最後に保護層として絶縁層を形成し磁界センサとした。

【0050】完成した磁界センサの磁性薄膜コアに周波数5MHzサイン波形高周波電流を印加し、地磁気（0.30e）による出力値を求め、1T当たりの出力に換算して各種の素子サンプルを比較した。なお、t1およびt2の測定は、磁性薄膜コアの幅方向断面を電子顕微鏡で観察して行った。実験結果を下記表1に示した。

40 【0051】

【表1】

(6)

特開2001-4726

表 1

10

| | 電流密度 (A/dm ²) | t1 (μ m) | t2 (μ m) | t2/t1 | 出力 (mV/T) |
|--------|------------------------------|------------------|------------------|-------|--------------|
| 実施例I-1 | 0.6 | 2.1 | 6.0 | 2.86 | 8000 |
| 実施例I-2 | 1.0 | 4.2 | 5.4 | 1.28 | 6500 |
| 実施例I-3 | 0.7 | 3.5 | 5.3 | 1.51 | 8000 |
| 実施例I-4 | 1.0 | 0.2 | 7.0 | 14.0 | 9500 |
| 比較例I-1 | 1.5 | 4.0 | 4.0 | 1.0 | 5500 |
| 比較例I-2 | 2.5 | 5.1 | 3.2 | 0.63 | 3500 |

比較例I-1: 図10 (A) 相当

比較例I-2: 図10 (B) 相当

【0052】[実験例II]

【0053】次なる本発明の好適な実施例として、図9に示されるようなMI（磁気インピーダンス）センサを作製した。すなわち、コーニング社7059ガラス基板上に、電気めっき法により、膜厚4 μ mの下部コイルc1およびc2を形成した。この下部コイルc1およびc2は、後の工程で上部コイルc11およびc22と接続され、それぞれが25ターンのバイアス印加用コイル（C1）および負帰還コイル（C2）を形成するようにした。

【0054】なお、下部コイルc1およびc2の長手方向は、磁性薄膜11の長手方向と直交するように配置した。これは下部コイルによる凹凸が磁性薄膜11の磁気特性、特に異方性に影響を及ぼすためである。すなわち、下部コイルc1およびc2の長手方向を、磁性薄膜11の長手方向と直交させることで、磁性薄膜11の異方性を幅方向に付与することが効果的に行える。すなわち、もし図9に示される下部コイルc1、c2と上部コイルc11、c22が、逆に設けられた場合、つまり磁性薄膜と直交しないコイルc11、c22が磁性薄膜の下にあった場合を考える。すると、磁性薄膜の異方性がコイルc11、c22の長手方向に曲げられてしまう。

【0055】なお、下部コイルc1、c2形成時、すなわち磁性薄膜11を形成する前に磁性体に通電するための通*

表 2

| | 電流密度 (A/dm ²) | t1 (μ m) | t2 (μ m) | t2/t1 | バイアス コイル 印加電流 | 負帰還 コイル 印加電流 | 出力 (mV/T) |
|---------|------------------------------|------------------|------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------|
| 実施例II-1 | 0.7 | 3.5 | 7.0 | 2.00 | 12 | 3 | 9000 |
| 比較例II-1 | 1.0 | 5.0 | 5.0 | 1.00 | 15 | 4 | 6500 |
| 比較例II-2 | 1.4 | 7.0 | 3.2 | 0.46 | 22 | 6 | 2200 |

コイルの印加電流の単位はmA

比較例II-1: 図10 (A) 相当

比較例II-2: 図10 (B) 相当

*電部60、60を、予め成膜しておいた。次に、下部コイルc1、c2上にポリイミドレジストにて下部絶縁層（図示していない）を形成した。次いで、磁性薄膜11としてNiFeめっき膜を幅方向に磁界を印加しながら、幅20 μ m、長さ700 μ mのパターンで成膜した。成膜時の電流密度を下記表2に示すように種々変化させて断面形状の異なる3種類の磁性薄膜（磁性体）を成膜した（実施例II-1、比較例II-1、II-2）。次に、上部絶縁層（図示していない）、上部コイルc11、c22を形成し、下記表2に示すような実施例サンプルII-1および比較例サンプルII-1、II-2を作製した。磁性薄膜の平均膜厚t3は、5 μ mとした。なお、上部コイル形成時にも、磁性薄膜11に通電するための通電部60、60を同時に形成した。すなわち、磁性薄膜11の通電部60、60は、下面と上面の両方が導体で覆われ、導体でサンドイッチされた構造に形成した。これにより確実な通電が保証できる。なお、電極53、54、および55、56は、それぞれバイアス印加用コイル（C1）および負帰還コイル（C2）の通電用電極である。

【0056】結果を下記表2に示した。

【0057】

【表2】

【0058】

【発明の効果】上記の結果より本発明の効果は明らかである。すなわち、本発明の磁界センサは、略長方形形状の

磁性薄膜を有し、当該磁性薄膜の長手方向両端部から高周波電流を通電する機構を有し、前記磁性薄膜の幅方向断面における形状は、その幅方向中央部近傍の膜厚をt

11

2、幅方向端部近傍の膜厚 t_1 とした場合、 $t_2 > t_1$ を満たしてなるように構成されているので、従来のセンサと比べて、極めて高感度となり、しかも小型化が図れるという効果を奏する。より具体的には、磁性薄膜に直接通電による励磁効率を向上させることができるだけでなく、磁性薄膜の周囲に巻回されたコイルと磁性薄膜との磁気的結合が良好となり、検出効率も向上する。さらに磁性薄膜の周囲に巻回されたコイルを検出コイルとしてではなく、バイアス磁界発生コイルや、負帰還磁界発生コイルとして用いる場合にも、効果的に磁界を発生させることが可能となる。その結果、同じ磁界を磁性薄膜に印加するのに要する電流値を減少させることも可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁界センサの好適な一例を概略的に示した斜視図である。

【図2】図1のA-A断面矢視図である。

【図3】図2における一つの磁性薄膜の幅方向断面の拡大図である。

【図4】(A)～(F)は、それぞれ本発明における磁性薄膜の好適な幅方向断面の態様を示す図面である。

【図5】(A)～(C)は、本発明の磁性薄膜を形成す

(7)

特開2001-4726

12

るための好適な製造方法の一例であるフレームめっき法を経時的に説明するための図面である。

【図6】本発明の磁性薄膜を形成するための好適な製造方法の一例を説明するための図面である。

【図7】本発明の磁性薄膜を形成するための好適な製造方法の一例を説明するための図面である。

【図8】本発明の磁界センサの異なる実施の形態、特に、導体コイルの巻き方の変形例を模式的に示した図面である。

10 【図9】本発明の磁界センサの異なる実施の形態、特に、MI（磁気インピーダンス）センサを模式的に示した図面である。

【図10】(A)～(B)は、それぞれ比較例である磁性薄膜の幅方向断面の態様を示す図面である。

【符号の説明】

1…磁界センサ

5…基板

9…高周波電源

11、12、13、14…磁性薄膜

20…導体コイル

41、42…通電部

51、52…電極端子

【図1】

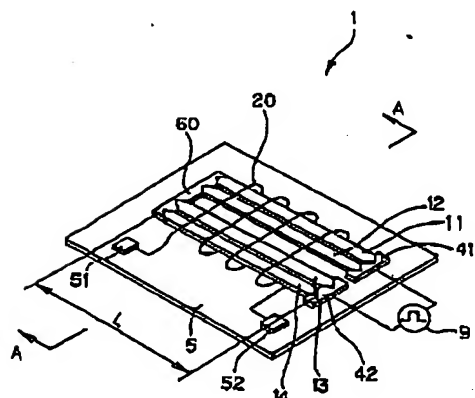


FIG.1

【図2】

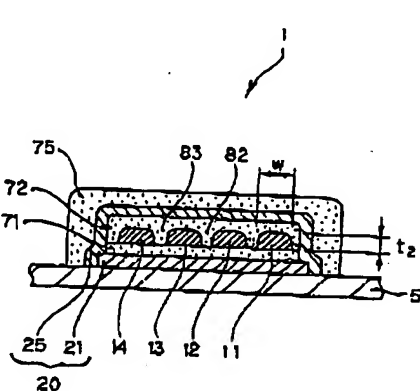


FIG.2

【図4】

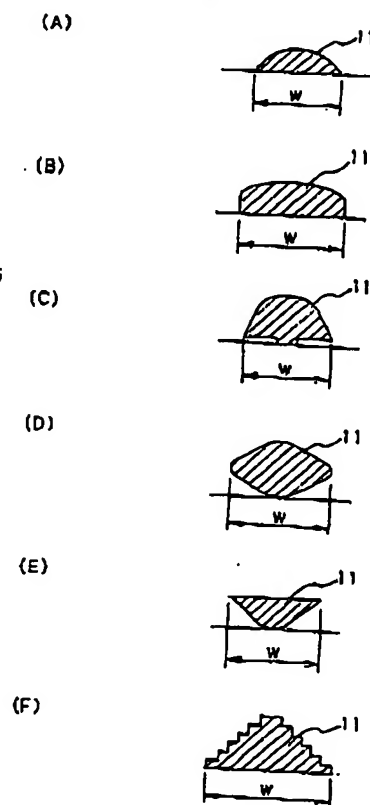


FIG.4

(8)

特開2001-4726

【圖3】

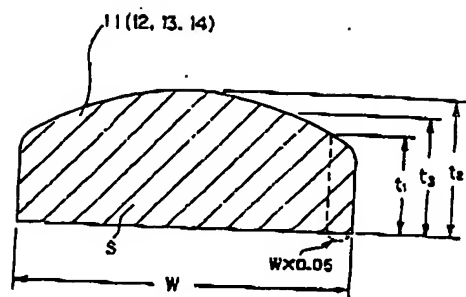
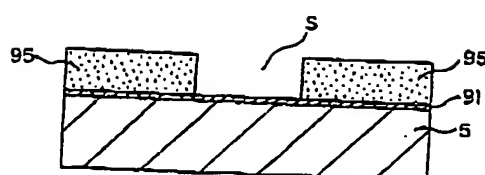


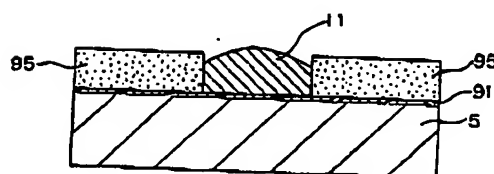
FIG. 3

【圖5】

(A)



(B)



(C)

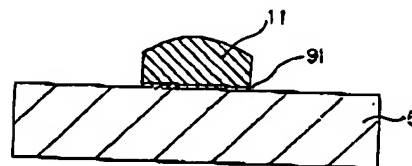


FIG. 5

【圖6】

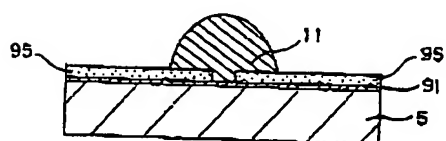


FIG. 6

【圖7】

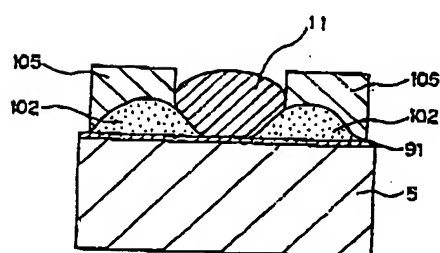


FIG. 7

【圖8】

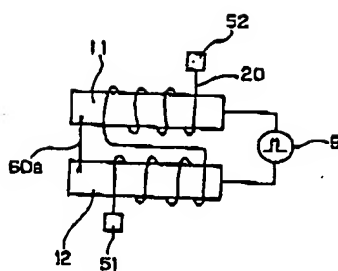
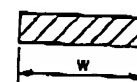


FIG. 8

【圖10】

PRIOR ART
比較例

(A)

比較例



(B)

FIG. 10

(9)

特開2001-4726

【図9】

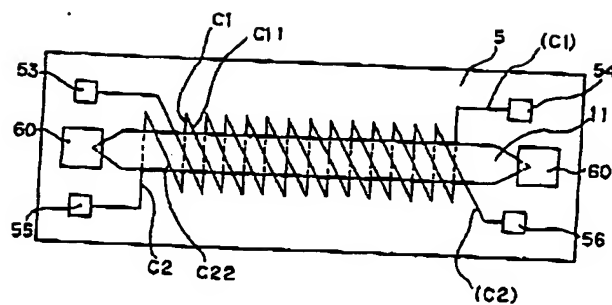


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 及川 亨

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティー
ディーケー株式会社内Fターム(参考) 2G017 AA01 AA16 AC09 AD42 AD51
AD63 AD65 BA03